

修士論文の和文要旨

研究科・専攻	大学院情報システム学研究科 情報ネットワークシステム学専攻 博士前期課程		
氏 名	安藤 裕太	学籍番号	0852002
論文題目	Arimoto-Blahut 型アルゴリズムを用いた量子通信路容量の計算法に関する研究		

要 旨

量子情報理論とは、情報理論を量子系に拡張した理論であり、古くは 1960 年代に端を発する。特に本論文に直接関係する古典 - 量子通信路容量に関する発見は 1973 年 Holevo の研究から始まり、通信路符号化定理にあたる Holevo-Schumacher-Westmoreland の定理 (1998) に結実した。

記憶のない古典通信路の通信路容量は Arimoto-Blahut アルゴリズム (1972) で計算することができる。この Arimoto-Blahut アルゴリズムを量子通信路容量の算出のために拡張した量子 Arimoto-Blahut アルゴリズムが 1998 年長岡により境界型、内点型の 2 種類提案されていた。しかし、これらの量子 Arimoto-Blahut アルゴリズムでは古典 Arimoto-Blahut アルゴリズムと違い大域的収束の保証がなく、初期状態によっては極大値トラップ問題が発生する。また、状態数 n をいくつにとって計算すればよいかという問題も生じる。通信路の必要状態数 n^* に対し、 $n \geq n^*$ でなくてはならないが、 n^* は一般に未知である。

境界型アルゴリズムについては大澤、長岡により計算機上で実装され、加法性予想の数値的検証に適用された (2002)。しかし、今まで量子 Arimoto-Blahut アルゴリズムのパフォーマンスなどについての研究、特に内点型の収束性に関する研究が行われておらず、どのような挙動で最適な量子状態及び確率分布が求められるのか (あるいは求まらないか) については不明な点が多い。

そこで、本論文ではキュービット通信路について境界型、内点型、及びこの 2 つを組み合わせた今回提案するハイブリッド型量子 Arimoto-Blahut アルゴリズムを計算機上で実装し、極大値の問題が起こる通信路の詳しい様子の解析、および 3 つのアルゴリズムのパフォーマンスについて数値的検証を行った。その結果、極大値の問題が起こる通信路については、境界型アルゴリズムにおいて 2 段階収束が起こりうること、状態数 n^* が大きい通信路では収束に時間がかかること、極大値トラップ問題の解決法としていろいろな初期状態のパターンを与えるか、状態数 n を大きく取れば最大値を得られる可能性が高くなることなどの新しい知見を得た。パフォーマンスについては、収束例を除いた全ての場合において境界型が最もパフォーマンスが良いという結論に至った。但し、極大値の問題が起こる場合はハイブリッド型でのみ量子通信路容量を得られた場合もあり、この観点から境界型の初期値を決めるための前処理として内点型を用いることの意義についても検討を要する。